

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Provozně ekonomická fakulta

Interpret KOMA

Projekt do předmětu Teorie programovacích jazyků

Vypracovali:

Magdalena Raszková

Zdeněk Loučka

Brno 2006

Obsah

1	Úvod	3
1.1	O jazyku KOMA	3
2	Popis jazyka	4
3	Lexikální prvky jazyka	5
4	Lexikální analýza	6
4.1	Gramatiky pro lexikální prvky	6
4.2	Regularizace	9
4.3	Jazyk interpretu	9
4.4	Stanovení významnosti lexikálních jednotek	9
4.5	Sestavení gramatiky lexikálního analyzátoru	10
4.6	Nedeterministický konečný automat	12
4.7	Deterministický konečný automat	12
4.8	Interpret lexikálního analyzátoru	12
5	Syntaktické jednotky	13
5.1	Syntaktická gramatika	17
5.2	Ověření LL(1)	19

1 Úvod

1.1 O jazyku KOMA

Náš interpret jsme nazvali KOMA, což je zkratka našich nicknames (Kolyk + Maddy) a současně tento název vyjadřuje občasné stavy, které jsme prožívali při zpracovávání tohoto projektu...

Metoda výstavby interpretu rekurzivním sestupem.

2 Popis jazyka

3 Lexikální prvky jazyka

4 Lexikální analýza

Lexikální analýza byla prvním krokem při výstavbě interpretu. Navrhli jsme gramatiky pro jednotlivé lexikální prvky jazyka (tokeny). Následně jsem stanovili významnost lexikálních jednotek a sestavili gramatiky pro nevýznamové a významové tokeny. Po sloučení obou gramatik pak vznikla hutná podoba lexikálního analyzátoru, u níž jsme provedli regularizaci. Posledním krokem lexikální analýzy bylo sestavení nedeterministického konečného automatu a jeho determinizace. Deterministický automat byl pak východiskem pro naprogramování vlastního lexikálního analyzátoru.

4.1 Gramatiky pro lexikální prvky

Gramatika jazyka čísel (D)

$$G_D = (N_D, \Sigma_D, P_D, S_D)$$

$$N_D = \{S_D, D_1, D_2\}$$

$$\Sigma_D = \{c, +, -, \cdot\} \quad c \sim 0..9$$

$$P_D :$$

$$S_D \rightarrow +D_1 \mid -D_1 \mid D_1$$

$$D_1 \rightarrow cD_1 \mid c \mid c.D_2$$

$$D_2 \rightarrow cD_2 \mid c$$

Gramatika jazyka operátorů (O)

$$G_O = (N_O, \Sigma_O, P_O, S_O)$$

$$N_O = \{S_O\}$$

$$\Sigma_O = \{+, -, *, /, \&, |, !, (,), <, >, =, ^, \%\}$$

$$P_O :$$

$$S_O \rightarrow + \mid - \mid * \mid / \mid \&\& \mid || \mid ! \mid (\mid) \mid < \mid > \mid <= \mid >= \mid = \mid <> \mid ^ \mid \%$$

Gramatika jazyka přiřazení (A)

$$G_A = (N_A, \Sigma_A, P_A, S_A)$$

$$N_A = \{S_A\}$$

$$\Sigma_A = \{:, =\}$$

$$P_A : \\ S_A \rightarrow :=$$

Gramatika jazyka řetězců (S)

$$G_S = (N_S, \Sigma_S, P_S, S_S)$$

$$N_S = \{S_S, S_1, S_2\}$$

$$\Sigma_S = \{", \backslash, \Delta\}$$

$$P_S : \\ S_S \rightarrow " S_1 \\ S_1 \rightarrow \Delta S_1 \mid " \mid \backslash S_2 \\ S_2 \rightarrow \Delta S_1 \mid " S_1 \mid \backslash S_1$$

$$\Delta = \Sigma - \{", \backslash\}$$

Gramatika jazyka proměnných (V)

$$G_V = (N_V, \Sigma_V, P_V, S_V)$$

$$N_V = \{S_V, V_1, V_2\}$$

$$\Sigma_V = \{p, c, -, \$\} \quad p \sim A..Z, a..z \quad c \sim 0..9$$

$$P_V : \\ S_V \rightarrow \$V_1 \\ V_1 \rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid -V_2 \\ V_2 \rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid -V_2 \mid \$$$

Gramatika klíčových slov (R)

$$G_R = (N_R, \Sigma_R, P_R, S_R)$$

$$N_R = \{S_R, R_1\}$$

$$\Sigma_R = \{p, c, -\}$$

$$P_R : \\ S_R \rightarrow pR_1 \mid p \\ R_1 \rightarrow pR_1 \mid cR_1 \mid -R_1 \mid p \mid c$$

Gramatika jazyka příkazových bloků (B)

$$G_B = (N_B, \Sigma_B, P_B, S_B)$$

$$N_B = \{S_B\}$$

$$\Sigma_B = \{\{, \}\}$$

$$P_B :$$

$$S_B \rightarrow \{ \mid \}$$

Gramatika ukončovacího znaku příkazu (T)

$$G_T = (N_T, \Sigma_T, P_T, S_T)$$

$$N_T = \{S_T\}$$

$$\Sigma_T = \{;\}$$

$$P_T :$$

$$S_T \rightarrow ;$$

Gramatika oddělovače parametrů funkcí (P)

$$G_P = (N_P, \Sigma_P, P_P, S_P)$$

$$N_P = \{S_P\}$$

$$\Sigma_P = \{, \}$$

$$P_P :$$

$$S_P \rightarrow ,$$

Gramatika jazyka bílých znaků (W)

$$G_W = (N_W, \Sigma_W, P_W, S_W)$$

$$N_W = \{S_W\}$$

$$\Sigma_W = \{_, TAB, \leftrightarrow\}$$

$$P_W :$$

$$S_W \rightarrow _ \mid TAB \mid \leftrightarrow$$

Gramatika jazyka komentářů (C)

$$G_C = (N_C, \Sigma_C, P_C, S_C)$$

$$N_C = \{S_C, C_1, C_2, C_3\}$$

$$\Sigma_C = \{[, >\}$$

$P_C :$

$$S_C \rightarrow [> C_1 \mid [[C_2$$

$$C_1 \rightarrow \blacksquare C_1 \mid \leftrightarrow$$

$$C_2 \rightarrow \square C_2 \mid]C_3$$

$$C_3 \rightarrow \square C_2 \mid]$$

$$\blacksquare = \Sigma - \{\leftrightarrow\}$$

$$\square = \Sigma - \{] \}$$

4.2 Regularizace

Regularizaci lineárních gramatik pro jednotlivé lexikální prvky jazyka jsme provedli až po jejich sloučení v celkovou gramatiku lexikálního analyzátoru.

4.3 Jazyk interpretu

$$\Sigma = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, \\ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \\ +, -, ., *, \&, /, \backslash, |, !, (,), <, >, =, :, ", \{, \}, _, TAB, \leftarrow, ;, [,], ?, \$, ^, \%, \#, ,, , ?, @, \sim, ', '\}$$

Pro přehlednost jsme si zavedli:

$$p \sim A..Z, a..z$$

$$c \sim 0..9$$

4.4 Stanovení významnosti lexikálních jednotek

Nevýznamové jednotky (S_{od})

Do nevýznamových jednotek patří bílé znaky a komentáře. Gramatika nevýznamových jednotek (oddělovačů) má následující podobu:

$$\begin{aligned}
S_{od} &\rightarrow [> C_1 \mid [[C_2 \mid \neg S_{od} \mid TABS_{od} \mid \leftarrow S_{od} \mid \epsilon \\
C_1 &\rightarrow \blacksquare C_1 \mid \leftarrow S_{od} \\
C_2 &\rightarrow \square C_2 \mid]C_3 \\
C_3 &\rightarrow \square C_2 \mid]S_{od}
\end{aligned}$$

$$\blacksquare = \Sigma - \{ \leftarrow \}$$

$$\square = \Sigma - \{ \mid \}$$

Významové jednotky (S_{vt})

Do významových jednotek řadíme čísla, operátory, operátor přiřazení, řetězce, identifikátory proměnných, klíčová slova, příkazový blok, ukončovací znak příkazu a oddělovač parametrů funkcí. Pro gramatiku významových jednotek platí:

$$\begin{aligned}
L_{vt} &= D \cup O \cup A \cup S \cup V \cup R \cup B \cup T \\
S_{vt} &\rightarrow S_D \mid S_O \mid S_A \mid S_S \mid S_V \mid S_R \mid S_B \mid S_T
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{vt} &\rightarrow +D_1 \mid -D_1 \mid D_1 \mid + \mid - \mid * \mid / \mid \&\& \mid || \mid ! \mid (\mid) \mid < \mid > \mid <= \\
&\mid >= \mid = \mid <> \mid ^ \mid \% \mid := \mid "S_1 \mid \$V_1 \mid pR_1 \mid p \mid \{ \mid \} \mid ; \mid ,
\end{aligned}$$

4.5 Sestavení gramatiky lexikálního analyzátoru

Lineární lexikální analyzátor

Platí: $lex \sim L_{od} * L_{vt}$

$$\begin{aligned}
S &\rightarrow [> C_1 \mid [[C_2 \mid \neg S \mid TABS \mid \leftarrow S \mid S_{vt} \mid \epsilon \\
D_1 &\rightarrow cD_1 \mid c \mid c.D_2 \\
D_2 &\rightarrow cD_2 \mid c \\
S_1 &\rightarrow \triangle S_1 \mid " \mid \backslash S_2 \\
S_2 &\rightarrow \triangle S_1 \mid "S_1 \mid \backslash S_1 \\
V_1 &\rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid \neg V_2 \\
V_2 &\rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid \neg V_2 \mid \$ \\
R_1 &\rightarrow pR_1 \mid cR_1 \mid \neg R_1 \mid p \mid c \\
C_1 &\rightarrow \blacksquare C_1 \mid \leftarrow S \\
C_2 &\rightarrow \square C_2 \mid]C_3 \\
C_3 &\rightarrow \square C_2 \mid]S
\end{aligned}$$

$$S_{vt} \rightarrow +D_1 \mid -D_1 \mid D_1 \mid + \mid - \mid * \mid / \mid \&\& \mid || \mid ! \mid (\mid) \mid < \mid > \mid <= \mid >= \mid = \mid <> \mid ^ \mid \% \mid := \mid "S_1 \mid \$V_1 \mid pR_1 \mid p \mid \{ \mid \} \mid ; \mid ,$$

$$\triangle = \Sigma - \{ ", \backslash \}$$

$$\blacksquare = \Sigma - \{ \leftarrow \}$$

$$\square = \Sigma - \{] \}$$

Regularizovaný lexikální analyzátor

Po provedení regularizace získáváme následující regulární gramatiku lexikálního analyzátoru:

$$S \rightarrow [C_4 \mid \lhd S \mid TABS \mid \leftarrow S \mid +D_1 \mid -D_1 \mid cD_1 \mid c \mid cD_3 \mid + \mid - \mid * \mid / \mid \&O_1 \mid |O_2 \mid ! \mid (\mid) \mid < \mid > \mid <O_3 \mid >O_3 \mid = \mid <O_4 \mid ^ \mid \% \mid : O_3 \mid "S_1 \mid \$V_1 \mid pR_1 \mid p \mid \{ \mid \} \mid ; \mid , \mid \epsilon$$

$$D_1 \rightarrow cD_1 \mid c \mid cD_3$$

$$D_2 \rightarrow cD_2 \mid c$$

$$S_1 \rightarrow \bullet S_1 \mid " \mid \backslash S_2 \mid \leftarrow S_1 \mid]S_1$$

$$S_2 \rightarrow \bullet S_1 \mid "S_1 \mid \backslash S_1 \mid \leftarrow S_1 \mid]S_1$$

$$V_1 \rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid \lhd V_2$$

$$V_2 \rightarrow pV_2 \mid cV_2 \mid \lhd V_2 \mid \$$$

$$R_1 \rightarrow pR_1 \mid cR_1 \mid \lhd R_1 \mid p \mid c$$

$$C_1 \rightarrow \bullet C_1 \mid "C_1 \mid \backslash C_1 \mid]C_1 \mid \leftarrow S$$

$$C_2 \rightarrow \bullet C_2 \mid "C_2 \mid \backslash C_2 \mid]C_3 \mid \leftarrow C_2$$

$$C_3 \rightarrow \bullet C_2 \mid "C_2 \mid \backslash C_2 \mid]S \mid \leftarrow C_2$$

$$S_{vt} \rightarrow +D_1 \mid -D_1 \mid cD_1 \mid c \mid cD_3 \mid + \mid - \mid * \mid / \mid \&O_1 \mid |O_2 \mid ! \mid (\mid) \mid < \mid > \mid <O_3 \mid >O_3 \mid = \mid <O_4 \mid ^ \mid \% \mid : O_3 \mid "S_1 \mid \$V_1 \mid pR_1 \mid p \mid \{ \mid \} \mid ; \mid ,$$

$$C_4 \rightarrow >C_1 \mid [C_2$$

$$D_3 \rightarrow \lhd D_2$$

$$O_1 \rightarrow \&$$

$$O_2 \rightarrow |$$

$$O_3 \rightarrow =$$

$$O_4 \rightarrow >$$

$$\bullet = \Sigma - \{ ", \backslash, \leftarrow,] \}$$

4.6 Nedeterministický konečný automat

4.7 Deterministický konečný automat

4.8 Interpret lexikálního analyzátoru

5 Syntaktické jednotky

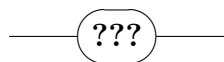
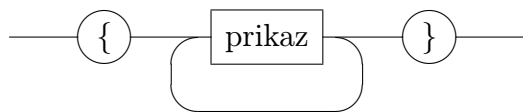
Sestavení syntaktického analyzátoru předchází nakreslení následujících syntaktických diagramů:

1. KOMA - celý jazyk, obsahuje jen blok, deklarace nezavádíme;
2. blok;
3. příkaz;
4. cyklus;
5. větvení;
6. definice funkce;
7. volání funkce;
8. přiřazení;
9. prázdný příkaz;
10. vstup;
11. výstup;
12. podmínka;
13. aritmetický výraz;
14. logický výraz.

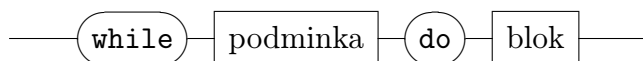
KOMA

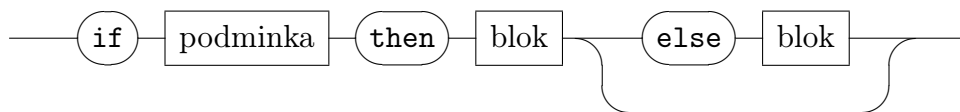
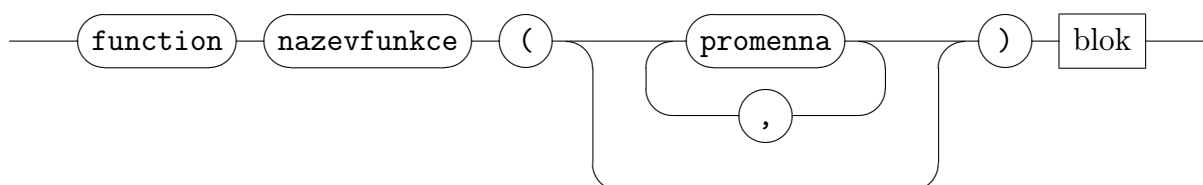
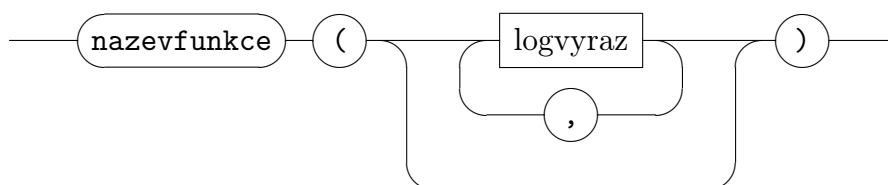
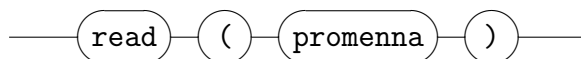
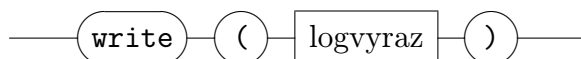
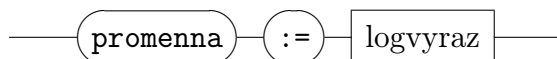
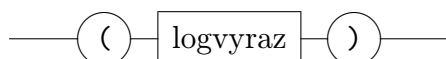


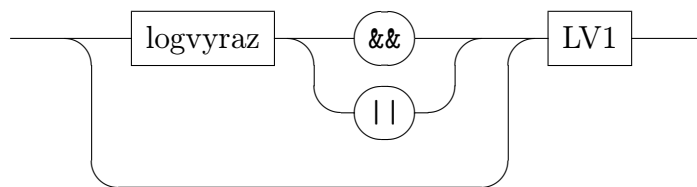
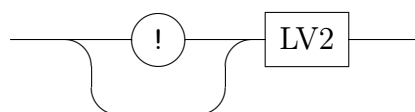
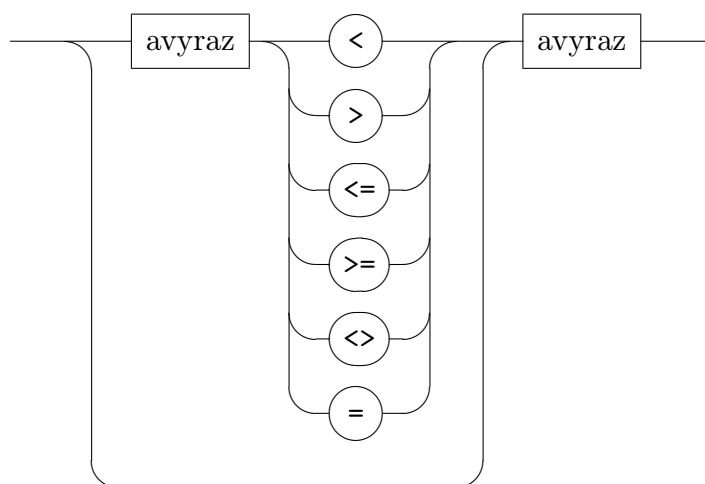
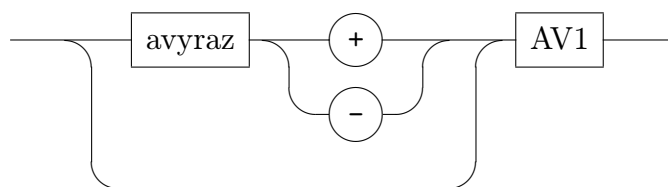
blok

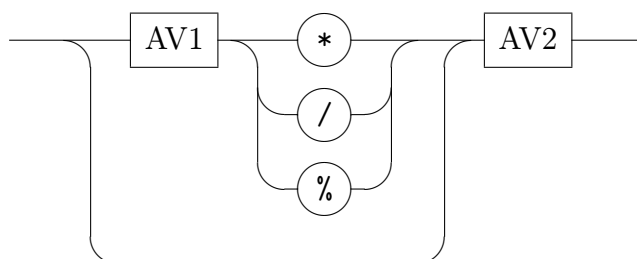
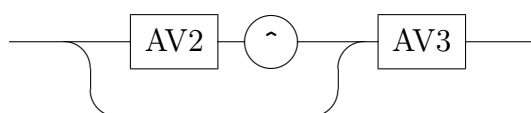
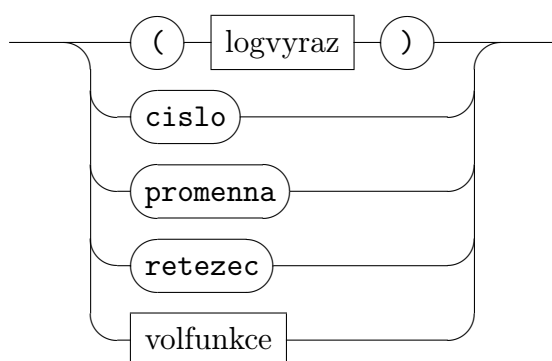


cyklus



vetveni*defunkce**volfunkce**vestup**vystup**prirazeni**podminka*

logvyraz*LV1**LV2**avyraz*

AV1*AV2**AV3*

5.1 Syntaktická gramatika

Výše uvedené syntaktické diagramy přepíšeme do syntaktické gramatiky.

Vysvětlení notace:

terminály jsou podtržené,

neterminály jsou velkými písmeny,

neterminály, které přibýly až při tvorbě gramatiky a nejsou v syntaktických diagramech jsou tučně.

$KOMA \rightarrow BLOK$

$BLOK \rightarrow \{ \underline{PRIKAZ} \textbf{PR1}$

$PR1 \rightarrow \underline{PRIKAZ} \textbf{PR1} \mid \}$

$PRIKAZ \rightarrow \underline{CYKLUS} \mid \underline{VETVENI} \mid \underline{DEFFUNKCE} \mid \underline{VOLFUNKCE}; \mid$

$\underline{PRIRAZENI}; \mid \underline{VSTUP}; \mid \underline{VYSTUP}; \mid ;$

$\underline{CYKLUS} \rightarrow \underline{while} \textbf{PODMINKA} \underline{do} BLOK$

$\underline{VETVENI} \rightarrow \underline{if} \textbf{PODMINKA} \underline{then} BLOK \textbf{V2}$

$\textbf{V2} \rightarrow \underline{else} BLOK \mid \epsilon$

$\underline{DEFFUNKCE} \rightarrow \underline{function} \underline{nazevfunkce} (\textbf{F1}) BLOK$

$\textbf{F1} \rightarrow \underline{promenna} \textbf{P1} \mid \epsilon$

$\textbf{P1} \rightarrow , \underline{promenna} \textbf{P1} \mid \epsilon$

$\underline{VOLFUNKCE} \rightarrow \underline{nazevfunkce} (\textbf{F2})$

$\textbf{F2} \rightarrow \underline{LOGVYRAZ} \textbf{P2} \mid \epsilon$

$\textbf{P2} \rightarrow , \underline{LOGVYRAZ} \textbf{P2} \mid \epsilon$

$\underline{VSTUP} \rightarrow \underline{read} (\underline{promenna})$

$\underline{VYSTUP} \rightarrow \underline{write} (\underline{LOGVYRAZ})$

$\underline{PRIRAZENI} \rightarrow \underline{promenna} := \underline{LOGVYRAZ}$

$\underline{PODMINKA} \rightarrow (\underline{LOGVYRAZ})$

$\underline{LOGVYRAZ} \rightarrow \underline{LOGVYRAZ} \ \&\& \ \underline{LV1} \mid \underline{LOGVYRAZ} \ \|\ \underline{LV1} \mid \underline{LV1}$

$\underline{LV1} \rightarrow ! \ \underline{LV2} \mid \underline{LV2}$

$\underline{LV2} \rightarrow \underline{AVYRAZ} \ \underline{ro} \ \underline{AVYRAZ} \mid \underline{AVYRAZ}$

$\underline{AVYRAZ} \rightarrow \underline{AVYRAZ} \ \pm \ \underline{AV1} \mid \underline{AVYRAZ} \ \underline{=} \ \underline{AV1} \mid \underline{AV1}$

$\underline{AV1} \rightarrow \underline{AV1} \ * \ \underline{AV2} \mid \underline{AV1} \ / \ \underline{AV2} \mid \underline{AV1} \ \% \ \underline{AV2} \mid \underline{AV2}$

$\underline{AV2} \rightarrow \underline{AV2} \ \wedge \ \underline{AV3} \mid \underline{AV3}$

$\underline{AV3} \rightarrow (\underline{LOGVYRAZ}) \mid \underline{cislo} \mid \underline{promenna} \mid \underline{retezec} \mid \underline{VOLFUNKCE}$

Gramatiku je potřeba dále upravit tak, aby neobsahovala bezprostřední levou rekurzi a bylo možné určit množiny First a Follow.

1. $KOMA \rightarrow BLOK$
2. $BLOK \rightarrow \{ \text{PRIKAZ } \mathbf{PR1}$
3. $\mathbf{PR1} \rightarrow \text{PRIKAZ } \mathbf{PR1} \mid \}$
4. $\text{PRIKAZ} \rightarrow \text{CYKLUS} \mid \text{VETVENI} \mid \text{DEFFUNKCE} \mid \text{VOLFUNKCE}; \mid$
 $\text{PRIRAZENI}; \mid \text{VSTUP}; \mid \text{VYSTUP}; \mid ;$
5. $\text{CYKLUS} \rightarrow \underline{\text{while}} \text{PODMINKA } \underline{\text{do}} \text{BLOK}$
6. $\text{VETVENI} \rightarrow \underline{\text{if}} \text{PODMINKA } \underline{\text{then}} \text{BLOK } \mathbf{V2}$
7. $\mathbf{V2} \rightarrow \underline{\text{else}} \text{BLOK} \mid \epsilon$
8. $\text{DEFFUNKCE} \rightarrow \underline{\text{function}} \underline{\text{nazevfunkce}} (\mathbf{F1}) \text{BLOK}$
9. $\mathbf{F1} \rightarrow \underline{\text{promenna}} \mathbf{P1} \mid \epsilon$
10. $\mathbf{P1} \rightarrow , \underline{\text{promenna}} \mathbf{P1} \mid \epsilon$
11. $\text{VOLFUNKCE} \rightarrow \underline{\text{nazevfunkce}} (\mathbf{F2})$
12. $\mathbf{F2} \rightarrow \text{LOGVYRAZ } \mathbf{P2} \mid \epsilon$
13. $\mathbf{P2} \rightarrow , \text{LOGVYRAZ } \mathbf{P2} \mid \epsilon$
14. $\text{VSTUP} \rightarrow \underline{\text{read}} (\underline{\text{promenna}})$
15. $\text{VYSTUP} \rightarrow \underline{\text{write}} (\text{LOGVYRAZ})$
16. $\text{PRIRAZENI} \rightarrow \underline{\text{promenna}} \underline{:=} \text{LOGVYRAZ}$
17. $\text{PODMINKA} \rightarrow (\text{LOGVYRAZ})$
18. $\text{LOGVYRAZ} \rightarrow \text{LV1 } \overline{\text{LOGVYRAZ}}$
19. $\overline{\text{LOGVYRAZ}} \rightarrow \underline{\&\&} \text{LV1 } \overline{\text{LOGVYRAZ}} \mid \underline{\|} \text{LV1 } \overline{\text{LOGVYRAZ}} \mid \epsilon$
20. $\text{LV1} \rightarrow ! \text{LV2} \mid \text{LV2}$
21. $\text{LV2} \rightarrow \text{AVYRAZ } \overline{\text{LV2}}$
22. $\overline{\text{LV2}} \rightarrow \underline{\text{ro}} \text{AVYRAZ } \overline{\text{LV2}} \mid \epsilon$
23. $\text{AVYRAZ} \rightarrow \text{AV1 } \overline{\text{AVYRAZ}}$
24. $\overline{\text{AVYRAZ}} \rightarrow \underline{+} \text{AV1 } \overline{\text{AVYRAZ}} \mid \underline{-} \text{AV1 } \overline{\text{AVYRAZ}} \mid \epsilon$
25. $\text{AV1} \rightarrow \text{AV2 } \overline{\text{AV1}}$
26. $\overline{\text{AV1}} \rightarrow \underline{*} \text{AV2 } \overline{\text{AV1}} \mid \underline{/} \text{AV2 } \overline{\text{AV1}} \mid \underline{\%} \text{AV2 } \overline{\text{AV1}} \mid \epsilon$
27. $\text{AV2} \rightarrow \text{AV3 } \overline{\text{AV2}}$
28. $\overline{\text{AV2}} \rightarrow \underline{\wedge} \text{AV3 } \overline{\text{AV2}} \mid \epsilon$
29. $\text{AV3} \rightarrow (\text{LOGVYRAZ}) \mid \underline{\text{cislo}} \mid \underline{\text{promenna}} \mid \underline{\text{retezec}} \mid \text{VOLFUNKCE}$

5.2 Ověření LL(1)

Po úpravě gramatiky vypočítáme množiny First a Follow a ověříme, zda je jazyk typu LL(1).

1. $FF(KOMA \rightarrow BLOK) = FI(BLOK) = \{ \{ \} \}$
2. $FF(BLOK \rightarrow \{ PRIKAZ PR1 \}) = FI(BLOK \rightarrow \{ PRIKAZ PR1 \}) = \{ \{ \} \}$
3. $FF(PR1 \rightarrow PRIKAZ PR1) = FI(PRIKAZ) = \{ \underline{while}, \underline{if}, \underline{function}, \underline{nazevfunkce}, \underline{promenna}, \underline{read}, \underline{write}, ; \}$
 $FF(PR1 \rightarrow \}) = \{ \} \}$
4. $FF(PRIKAZ \rightarrow CYKLUS \mid VETVENI \mid DEFFUNKCE \mid VOLFUNKCE; \mid PRIRAZENI; \mid VSTUP; \mid VYSTUP; \mid ;) = \{ \underline{while}, \underline{if}, \underline{function}, \underline{nazevfunkce}, \underline{promenna}, \underline{read}, \underline{write}, ; \}$
5. $FF(CYKLUS \rightarrow \underline{while} \text{ PODMINKA } \underline{do} \text{ BLOK}) = \{ \underline{while} \}$
6. $FF(VETVENI \rightarrow \underline{if} \text{ PODMINKA } \underline{then} \text{ BLOK } V2) = \{ \underline{if} \}$
7. $FF(V2 \rightarrow \underline{else} \text{ BLOK}) = \{ \underline{else} \}$
 $FF(V2 \rightarrow \epsilon) = FO(V2) = FO(VETVENI) = FO(PRIKAZ) = FI(PR1) = \{ \underline{while}, \underline{if}, \underline{function}, \underline{nazevfunkce}, \underline{promenna}, \underline{read}, \underline{write}, ;, \} \}$
8. $FF(DEFFUNKCE \rightarrow \underline{function} \text{ nazevfunkce } (F1) \text{ BLOK}) = \{ \underline{function} \}$
9. $FF(F1 \rightarrow \underline{promenna} P1) = \{ \underline{promenna} \}$
 $FF(F1 \rightarrow \epsilon) = FO(F1) = \{ \} \}$
10. $FF(P1 \rightarrow , \underline{promenna} P1) = \{ , \}$
 $FF(P1 \rightarrow \epsilon) = FO(P1) = FO(F1) = \{ \} \}$
11. $FF(VOLFUNKCE \rightarrow \underline{nazevfunkce} (F2)) = \{ \underline{nazevfunkce} \}$
12. $FF(F2 \rightarrow LOGVYRAZ P2) = FI(LOGVYRAZ) = FI(LV1) = \{ !, (, \underline{cislo}, \underline{promenna}, \underline{retezec}, \underline{nazevfunkce} \}$
 $FF(F2 \rightarrow \epsilon) = FO(F2) = \{ \} \}$
13. $FF(P2 \rightarrow , LOGVYRAZ P2) = \{ , \}$
 $FF(P2 \rightarrow \epsilon) = FO(P2) = FO(F2) = \{ \} \}$
14. $FF(VSTUP \rightarrow \underline{read} (\underline{promenna})) = \{ \underline{read} \}$
15. $FF(VYSTUP \rightarrow \underline{write} (LOGVYRAZ)) = \{ \underline{write} \}$
16. $FF(PRIRAZENI \rightarrow \underline{promenna} ::= LOGVYRAZ) = \{ \underline{promenna} \}$
17. $FF(PODMINKA \rightarrow (LOGVYRAZ)) = \{ (\}$
18. $FF(LOGVYRAZ \rightarrow LV1 \overline{LOGVYRAZ}) = FI(LV1) = \{ ! \} \cup FI(LV2) = \{ ! \} \cup FI(AVYRAZ) = \{ ! \} \cup FI(AV1) = \{ ! \} \cup FI(AV2) = \{ ! \} \cup FI(AV3) = \{ !, (, \underline{cislo}, \underline{promenna}, \underline{retezec}, \underline{nazevfunkce} \}$

